

製品紹介

中型乗用車向けCVT用ベーンポンプの開発

萩原 隆広 ・ 大滝 将志 ・ 近藤 弘俊 ・ 進藤 翔太

1 はじめに

今回紹介する中型乗用車向けCVT^{注1)}用ベーンポンプは、既に量産化され、グローバル展開されている既存CVTユニットの後継機種としてジヤトコ(株)殿が開発した中型乗用車向けのトランスミッション変速機構の油圧源として搭載されるものである。

本製品は、KYB金山にて2020年10月より生産を開始している。

注1) Continuously Variable Transmission (無段階変速機) のこと。

2 開発されたCVTユニットについて

今回ジヤトコ(株)殿が開発したCVTユニットは既存のCVTユニットに対し、以下の特長がある。

- ①低フリクションによる低燃費化
- ②優れたフィーリング
- ③NVH^{注2)}低減

主に環境へ配慮したダウンサイジングターボエンジンとの組み合わせを想定に開発された。

また、生産拠点を日本、中国、メキシコにおき、グローバルでの供給体制を構築している。

注2) Noise, Vibration, Harshness (騒音・振動・ハーシュネス) のこと



写真1 ユニット外観
(ジヤトコ(株)殿HPより抜粋)

3 開発したベーンポンプについて

開発したベーンポンプは既存CVTの後継機種用ということもあり、既存のベーンポンプ同様に日本、中国、メキシコとグローバル展開されることから、開発時の設計品質の玉成が必須であった。

既存のベーンポンプをベースとし、吐出性能と耐久性は同等以上、低フリクションに特化して開発を進めた。同等の吐出性能にて低フリクション化を行うとその背反として耐久性が悪化するが、要求された仕様を満足するように最適設計を行った。

また環境に考慮し、軽量化やエンドユーザ要求でもある低コスト化についても注力した。

開発したベーンポンプの外観を写真2、仕様詳細を表1、主な改善アイテムを表2に示す。



写真2 開発ベーンポンプ外観

表1 開発ベーンポンプ仕様

形式	平衡型ベーンポンプ
基本吐出量	11.3cm ³ /rev
使用回転数	~7300rpm
使用圧力	~6 MPa
使用温度	-40~140℃
生産拠点	日本, 中国, メキシコ

表2 性能改善アイテム

改善 アイテム	<ul style="list-style-type: none"> ・カムリング切り欠き ・鉄カバーのアルミ化 ・ポート形状最適化
------------	---

4 性能改善アイテムの紹介

4.1 カムリング切り欠きの最適設計

CVTユニットとして低フリクション化による低燃費を達成するには、ベーンポンプに対して駆動トルクの低減が要求事項となる。

ベーンポンプの駆動トルク理論式は（基本吐出量×圧力）/2πで表される。開発品は使用圧力の変更は無い為、駆動トルクを低減する為に“基本吐出量”を減らした。しかし、要求される性能仕様は既存品と同等という前提条件があった。

今回開発したベーンポンプは流量制御弁（スプール）を内蔵したタイプであり、回転数に応じて要求される吐出流量特性以上はベーンポンプ内部で循環させている。

流量制御弁内蔵タイプは余剰流量が内部循環する流れの力を使い、吸込み性を向上させている（図1）。

基本吐出量を減らす事で内部循環量が約10%減る為、吸込み性が悪化し、キャビテーションが発生しやすい仕様となった（図2）。

キャビテーションとは作動油中に溶解している空気が気泡として析出する現象で、その気泡の析出、消滅を繰り返すことで、構成部品に摩耗、損傷の影響を及ぼす。これにより既存品と同仕様で単純に基本吐出量を減らしただけでは、耐久試験において要求仕様を満足できない見込みであった。

対策として、いくつかの対策案が考えられるが、費用対効果から吸入油路であるカムリングの吸入部に“切り欠き”を採用し、吸入油路を拡大することで圧力損失を低下させ、吸込み性を向上させた（図3）。

ただし、切り欠きを採用した背反としては摺動するベーンから受ける面圧が上がり、PV値^{注3)}が高くなり、カムリングの異常摩耗を発生させてしまう等、耐久性が不利になる。

開発品は切り欠き深さとPV値、すなわち性能と耐久性の両立するポイントを見極める為、限界確認耐久試験を行い、最適な切り欠き量を設定した（図4）。

以上の開発より耐久性も要求仕様を満足し、目的であった駆動トルクの低減化を達成した。

注3) PV値=P：面圧×V：速度 耐摩耗性の指標の一つ

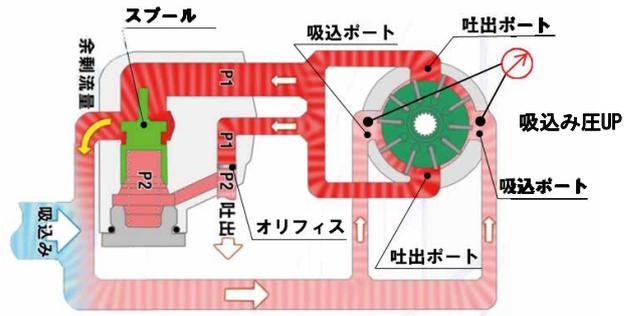


図1 ベーンポンプ内部の循環油路

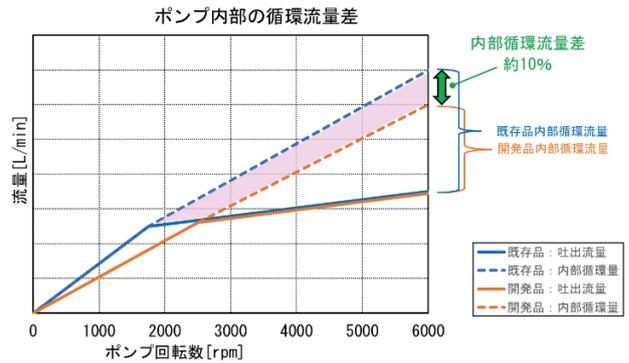


図2 ポンプ内部循環量差

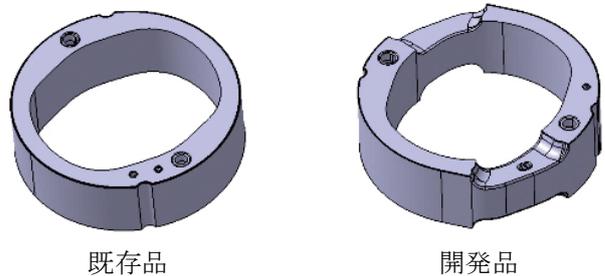


図3 カムリングの仕様比較

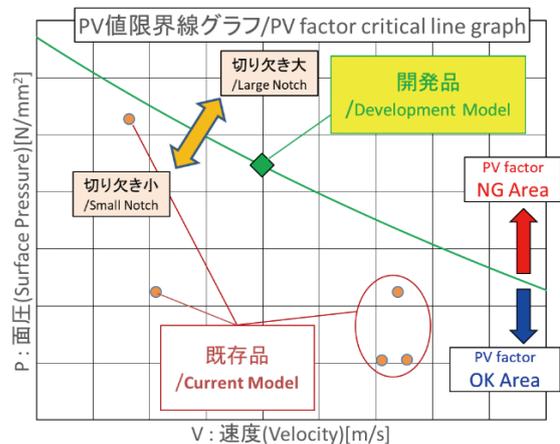


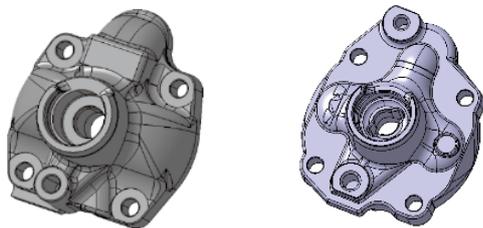
図4 PV値限界線グラフ

4.2 鉄カバーのアルミ化（軽量・低コスト化）

既存の中型乗用車向けCVT用ベーンポンプは鋳鉄製の中子油路カバーであった（図5, 6）。開発品はアルミダイカストカバーにすることで、カバー単体約-350g、ベーンポンプ比約-30%をおこない、大幅な軽量化すなわち低燃費化に貢献することができた。

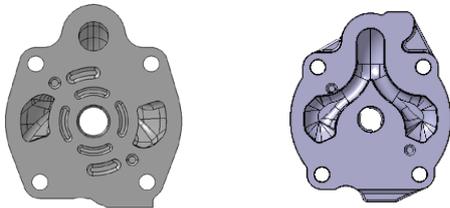
また鋳鉄からアルミダイカストへ製造工法を変更することで生産性が向上し、原価低減にも貢献した。

しかし、アルミダイカストカバーを採用した背反としてカバー内の油路形状が油流れにとって不利な形状に変わり、ポンプNVHが悪化することが分かっていた（図7, 8）。



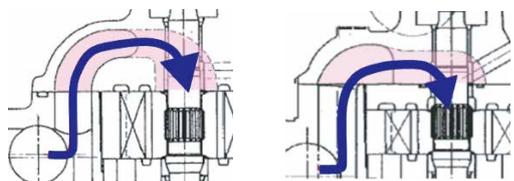
既存品（鋳鉄製） 開発品（アルミダイカスト製）

図5 カバー外観比較



既存品（中子油路） 開発品（ダイカスト油路）

図6 カバー油路比較



既存品（中子油路） 開発品（ダイカスト油路）

図7 カバー油路流れ方比較



既存品（中子油路） 開発品（ダイカスト油路）

図8 カバー油路流れ圧力損失可視比較

4.3 ポート形状最適化

“ポンプNVHは既存品同等以上”の要求に対し、NVH改善が必須であったが、NVH悪化要因であるカバー油路の改善は製作工法上、同様の油路形状を設計することが出来ない。

そのため、アルミカバー用にサイドプレートのポート形状を最適化し、吐出脈動を低減することで振動抑制してNVH要求を満足した（図9, 10, 11）。

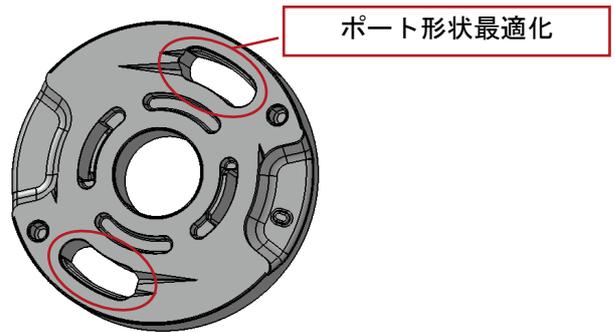


図9 サイドプレート ポート

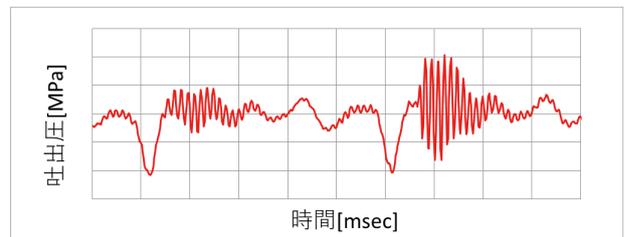
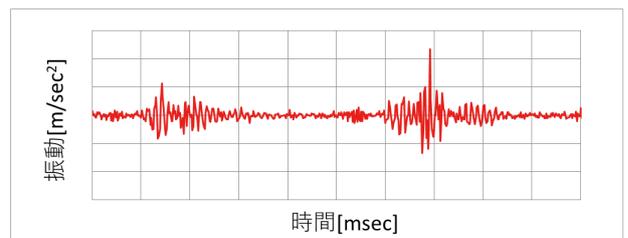


図10 改善前 ポンプ吐出圧と振動

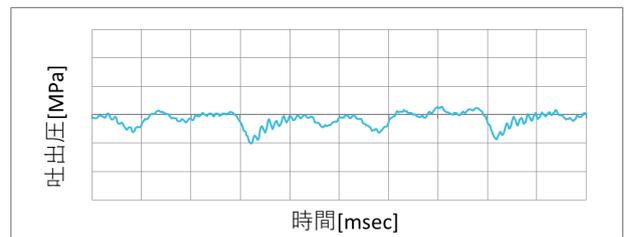
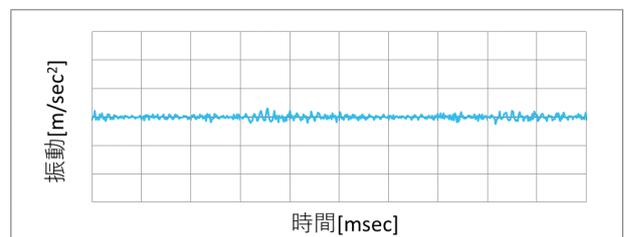


図11 改善後 ポンプ吐出圧と振動

5 評価

今回の開発を通じて、ジヤトコ(株)殿から高い評価を頂き、2020年度QCDSベストパフォーマンス賞を受賞した。

この賞は開発・品質・コスト・納期においてグローバル総合No.1の評価を得た企業が1社のみ受賞することができるものである。開発のみならず、他部門の協力があってこそこの受賞であり、この場をお借りして深く感謝を申し上げる。

品質に特化した賞としてはリージョナル品質賞を同時に受賞した。

また、KYB金山立上後、2021年3月に生産を開始したKIMZ (KYB Industrial Machinery (Zhenjiang)) にてにおいてもQCDS Aランク賞を受賞し、国内だけではなく海外でも高評価を頂いた。



写真3 右 QCDSベストパフォーマンス賞
左 リージョナル品質賞



写真4 QCDS Aランク賞 (中国)

6 まとめ

本開発品は既存品に対し、下記を実現した。

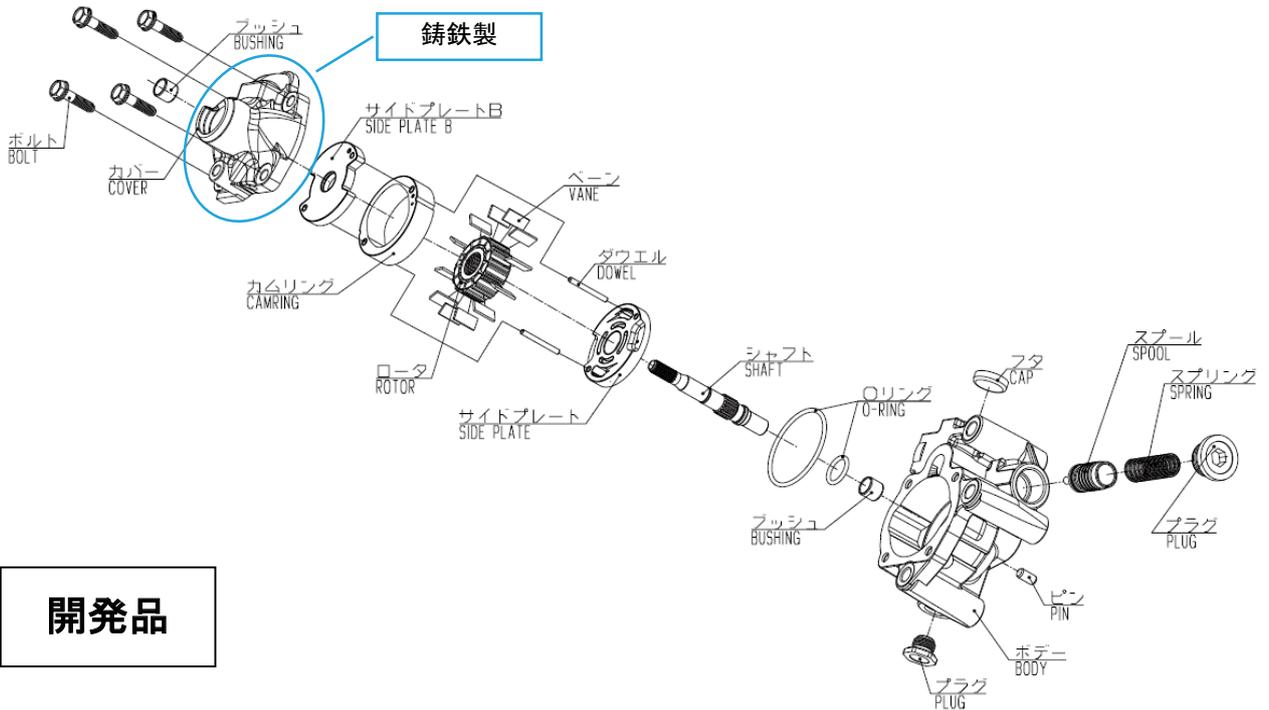
- ①ポンプ駆動トルクを約-10%低減
- ②ポンプ重量を約-30%低減
- ③耐久性と低駆動トルク化の両立
- ④低騒音化
- ⑤コスト低減

また、既存品と開発品の傾斜展開図 (図12) に今回の開発で検討を行った内容を示す。

7 おわりに

本開発にあたって協力頂いたジヤトコ(株)殿のプログラム関係者をはじめ、関連協力業者、社内関係部門の皆様には深く感謝を申し上げます。

既存品



開発品

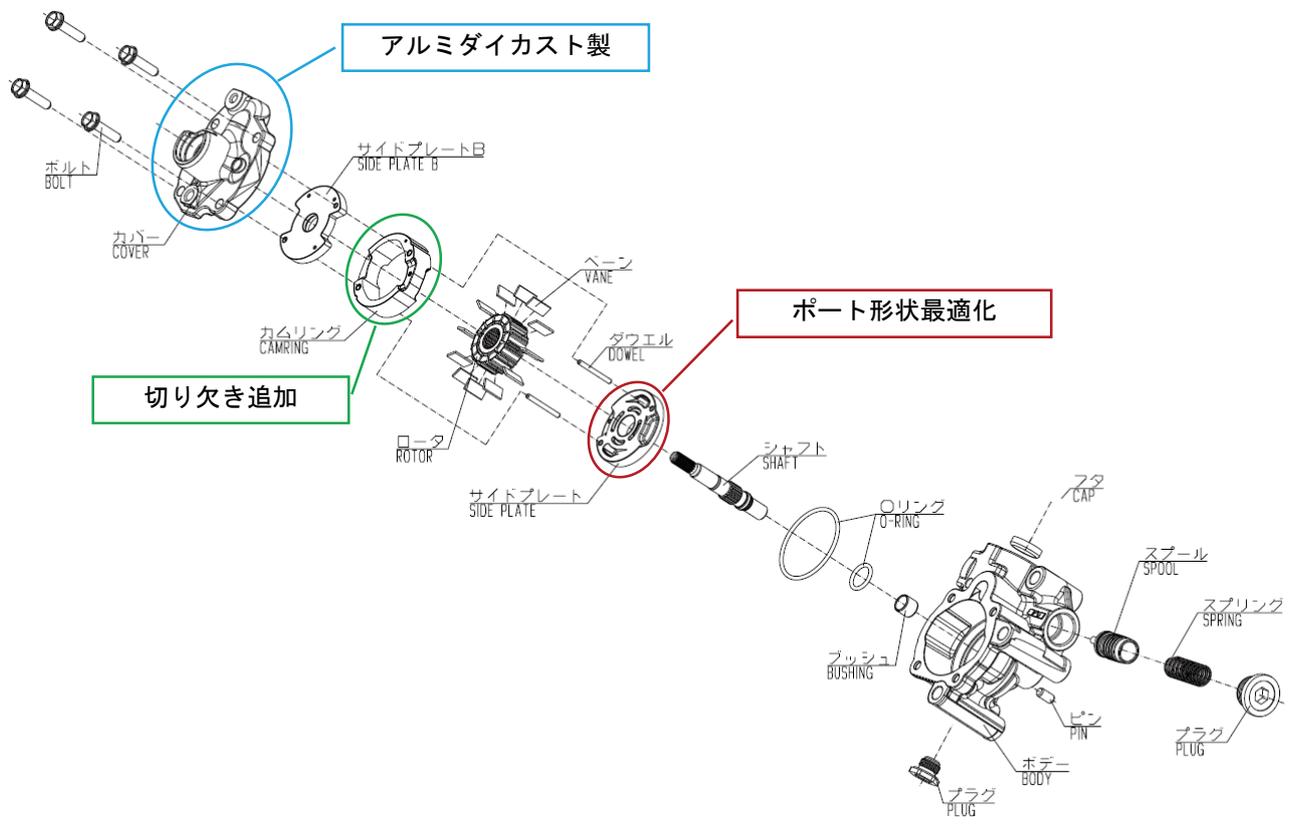


図12 既存品と開発品の傾斜展開図

著者



萩原 隆広

2010年入社. オートモーティブコンポーネツ事業本部ステアリング事業部ポンプ技術部.
ベーンポンプの設計に従事.



大滝 将志

2012年入社. オートモーティブコンポーネツ事業本部ステアリング事業部ポンプ技術部.
ベーンポンプの設計に従事.



近藤 弘俊

2013年入社. 技術本部基盤技術研究所岐阜分室.
ベーンポンプの設計に従事.



進藤 翔太

2014年入社. オートモーティブコンポーネツ事業本部ステアリング事業部ポンプ技術部.
ベーンポンプの設計に従事.